

В.Н. Марцунь¹, кандидат технических наук, доцент

Е.Г. Сапон¹, ассистент

О.С. Дубовик², ведущий инженер-технолог

В.В. Иванович², инженер-технолог

¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Беларусь

²Унитарное предприятие «Минскводоканал», г. Минск, Беларусь

ИСПЫТАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ СБРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ НА ПОЛУПРОМЫШЛЕННОЙ ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКЕ

Для обоснованного выбора технологии анаэробного сбраживания осадков сточных вод (ОСВ) Минской очистной станции (МОС) были проведены испытания на полупромышленной пилотной установке (установка).

Анаэробное сбраживание – процесс бескислородного разложения органических веществ, который может протекать в интервале температур от 0 до 110 °С. На практике применяются мезофильные (30–40 °С) и термофильные (50–60 °С) условия. По данным за 2014 г. около 67 % биореакторов в мире эксплуатировались в мезофильном режиме и 33 % в термофильном [1]. Термофильное сбраживание имеет ряд существенных преимуществ, таких как большая метаболическая активность микроорганизмов и, как следствие, более высокая степень сбраживания ОСВ, практически полное уничтожение вирусных и бактериальных патогенов, а также лучшие водоотдающие свойства сброженных ОСВ [2, 3]. К недостаткам процесса термофильного сбраживания относят его высокую энергоемкость и низкую стабильность, что препятствует широкой коммерциализации термофильного сбраживания. Это связывают с тем, что метаногены очень чувствительны к резким изменениям температур, которые часто могут происходить на практике в виду выхода из строя оборудования.

В результате анаэробного сбраживания ОСВ образуется биогаз, который может быть использован как возобновляемый источник энергии. Он представляет собой смесь газов: метан (55–75 %), углекислый газ (30–45 %), сероводород (1–2 %), азот (до 1 %), водород (до 1 %), следовые количества кислорода и оксида углерода [2].

Целью проведения испытаний было экспериментальное обоснование режима сбраживания и получение исходных данных для проектирования новой системы обработки осадков МОС.

Работа проводилась в рамках Рамочного соглашения о сотрудничестве по проведению испытаний на УП «Минскводоканал» между БГТУ, УП «Минскводоканал», компаниями AQUA Consult Ingenieur GmbH,

Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX. Испытания вариантов анаэробного сбраживания осадков сточных вод проведены с использованием установки контейнерного типа, безвозмездно предоставленной фирмой AQUA Consult Ingenieur GmbH. Общий вид установки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Полупромышленная пилотная установка

Установка включает четыре биореактора с рабочим объемом 80 дм³ каждый. Реакторы оборудованы аналитической и инструментальной системами для поддержания и контроля следующих показателей иловой смеси: температура, рН, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и уровень заполнения. Установка оснащена расходомерами и газоанализатором для контроля за количественным и качественным составом образующегося биогаза. Работоспособность установки и контроль показателей в соответствии с программой испытаний обеспечивали сотрудники БГТУ, МОС и AQUA-Consult Baltic.

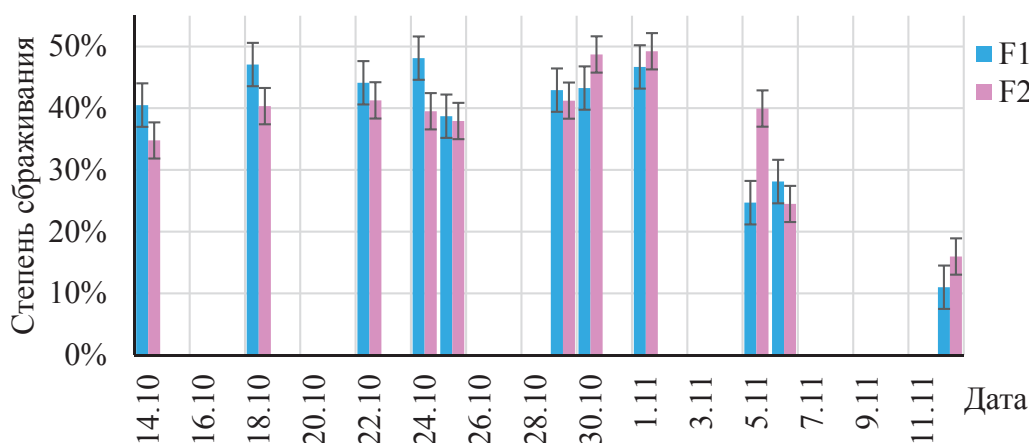
В течение девяти месяцев анаэробной стабилизации подвергнуто более 3 т ОСВ, выполнено более 1000 лабораторных исследований. Осадки сточных вод до и после сбраживания анализировали в лабораториях кафедры промышленной экологии БГТУ по следующим параметрам: влажность, взвешенные вещества, доля беззольного вещества, общий фосфор, общий азот, химическое потребление кислорода (ХПК). Анализ жидкой фазы сброженных осадков проводили в лаборатории Минской очистной станции по следующим параметрам: фосфор фосфатный, азот аммонийный, ХПК, БПК. Математическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Помимо инструментального анализа выхода биогаза производили его оценку по степени сбраживания органического (беззольного) вещества ОСВ, которую определяли по формуле

$$FD_2 = 1 - \frac{(100 - W_{\text{eff}}) \cdot VSS_{\text{eff}}}{(100 - W_{\text{inf}}) \cdot VSS_{\text{inf}}},$$

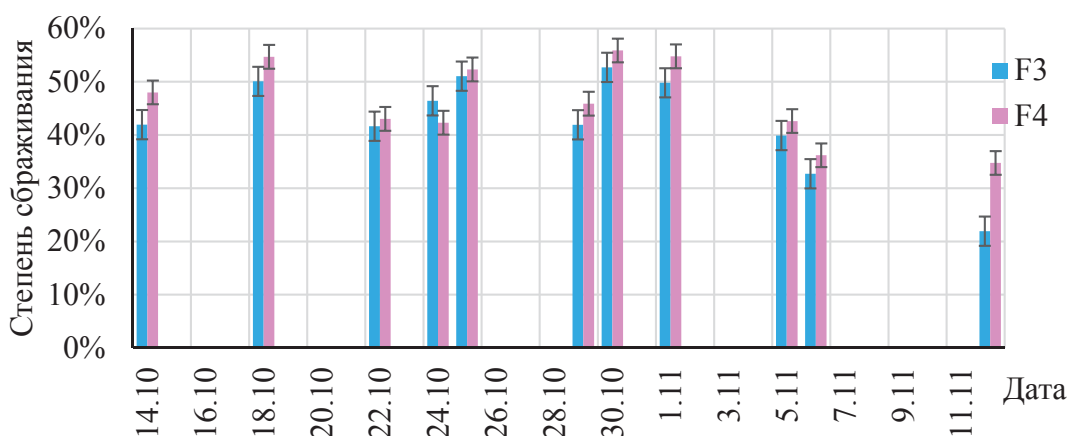
где W_{inf} , W_{eff} – влажность осадков сточных вод до и после сбраживания, %; VSS_{inf} , VSS_{eff} – содержание беззольного вещества в осадках сточных вод до и после сбраживания, %.

В результате проведения испытаний получена информация о степени сбраживания ОСВ МОС и суточном выходе биогаза, составе жидкой фазы сброженных ОСВ. Результаты определения степени сбраживания представлены на рисунках 2 и 3.



F1 – реактор № 1; F2 – реактор № 2

Рисунок 2 – Степень сбраживания в мезофильных условиях



F3 – реактор № 3; F4 – реактор № 4

Рисунок 3 – Степень сбраживания в термофильных условиях

Степень сбраживания органического вещества ОСВ в условиях проводимых испытаний составила:

– в мезофильном режиме сбраживания (гидравлическое время удержания – 20 суток) – 37,4 %;

– в термофильном режиме сбраживания (гидравлическое время удержания – 12 суток) – 44,3 %.

Получена информация о составе жидкой фазы сброженных ОСВ. Установлено, что среднее содержание азота аммонийного в жидкой фазе ОСВ, сброженных в термофильном режиме, примерно в 1,5 раза больше, чем в жидкой фазе ОСВ сброженных в мезофильных условиях.

Показано, что среднее содержание фосфора фосфатного в жидкой фазе сброженных ОСВ составляет 120,0 мгР/дм³ и не зависит от температурных условий.

Полученные данные могут быть использованы при выборе и разработке проектных решений по реконструкции МОС УП «Минскводоканал».

Литература

1. De Baere, L. Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste in Europe – Status, experience and prospects / L. De Baere, B. Mattheeuws // Waste Management. – 2014. – Vol. 3. – P. 517–526.

2. The anaerobic digestion of solid organic waste / A. Khalid [et al.] // Waste Management. – 2011. – Vol. 31, no. 8. – P. 1737–1744.

3. Creamer Inhibition of anaerobic digestion process: a review / Ye Chen [et al.] // Bioresource Technology. – 2008. – Vol. 99, no. 10. – P. 4044–4064.